

20. Fastigiata uralica – a new decorative form of siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) for landscaping / S. Zalesov, A. Opletaev, N. Pryadilina, R. Domary // The path forward for wood products: a global perspective. Proceedings of Scientific Papers. Boton Rouge, Lonisiana, USA. 2016. P. 1–8.
21. Prospects of breeding ornamental spruce *Fastigiata uralica* when working on the selection of qualitative traits / A.S. Opletaev, A.P. Kozhevnikov, S.V. Zalesov, R.G. Domary, N.K. Priadilina // Conservation of forest genetic resources: proceedings of the 5th international conference-workshop. Gomel: ООО «Colordruck», 2017. P. 161–162.
22. Zalesov S.V., Platonov E.P., Gusev A.V. The Prospect of alien woody plants for landscaping in the middle subzone of taiga in West Siberia // Journal of Agricultural Urals. 2011. № 4 (83). P. 56–58.
23. Gusev A.V., Zalesov S.V., Sarsekov D.N. Method of determination of feasibility of introduction of woody plants // Socio-economic and Ekologicheskies problems of forestry in the framework of the concept 2020: materials of VII international scientific-technical conference. Yekaterinburg: Ural state forest engineering University, 2009. Part 2. P. 272–275.
-

УДК 574.4+56.074.6

ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ ЛЕСОВ НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

Н.К. ПАНОВА – кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: natapanova@mail.ru*

Т.Г. АНТИПИНА – старший инженер,
e-mail: antanya1363@mail.ru*

*ФГБУ Н Ботанический сад УрО РАН, отдел лесоведения,
620134, Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а,
тел. 8(343)322-56-38

Ключевые слова: период голоцена, торфяное болото, пыльцевой анализ, лесная растительность, изменения климата.

Современные лесные экосистемы сформировались за время последнего геологического периода – голоцена, в течение которого происходили значительные климатические изменения. Выявление взаимосвязей динамики растительных формаций и природной среды в голоцене создает научную основу для понимания их современного состояния и прогноза в условиях меняющегося климата.

В результате комплексного исследования палинологическим, ботаническим и радиоуглеродным методами 12 разрезов торфяников озерного происхождения, расположенных на разных широтах восточного склона Среднего Урала, установлены основные этапы пространственно-временной динамики формирования региональной лесной растительности в послеледниковье, сопоставленные с хронологической схемой периодизации голоцена. В конце позднеледниковья на всей исследуемой территории господствовала безлесная травяно-кустарниковая растительность. Одним из рефугиумов сохранения древесной флоры в это время представляется западный макросклон Среднего Урала. С потеплением в голоцене началось распространение лесной растительности на восток и на север. На фоне тенденции направленного потепления, прерываемого кратковременными периодами возвратного похолодания, в первую половину голоцена в региональной растительности выделяются основные смены лесных формаций: елово-лиственничные редколесья в предбореальном периоде (10.3–11 тыс. к.л.н.); сосново-березовые леса в бореальном

(8.6–9.3 к.н.л.); елово-сосновые и сосново-еловые с пихтой и широколиственными в атлантическом и первой половине суббореального периодов (4.2–8.2 к.н.л.). Со второй половины суббореального периода началось направленное похолодание, уменьшение участия ели, поэтапное выпадение неморального компонента из состава лесов и формирование современных таежных лесов с доминированием сосны.

HOLOCENE HISTORY OF FORESTS ON THE EASTERN SLOPE OF THE MIDDLE URALS

N.K. PANOVA – candidate of biological sciences, senior scientific collaborator,
e-mail: natapanova@mail.ru*

T.G. ANTIPINA – senior engineer,
e-mail: antanya1363@mail.ru*

* FGBU N Botanical Garden of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Department of Forest Science,
620134, Russia, Yekaterinburg, ul. Bilimbaevskaya 32a,
tel. 8 (343) 322-56-38

Key words: *holocene period, peat bog, pollen analysis, forest vegetation, climate change.*

Modern forest ecosystems were formed during the last geological period – the Holocene, during which significant climate changes occurred. The identification of the interrelationships between the dynamics of plant formations and the natural environment in the Holocene creates a scientific basis for understanding their current state and forecast in a changing climate.

As a result of a complex study of palynological, botanical and radiocarbon methods, 12 sections of lacustrine peat bogs located at different latitudes of the eastern slope of the Middle Urals, established the main stages in the spatial and temporal dynamics of the formation of regional forest vegetation in the postglacial period, compared with the chronological scheme of periodization of the Holocene. At the end of the Late Glacial period, the entire investigated territory was dominated by treeless grass and shrub vegetation. One of the refugia of preserving the wood flora at this time is the western macroslope of the Middle Urals. With the warming in the Holocene, the spread of forest vegetation to the east and to the north began. Against the background of the tendency of directed warming, interrupted by short periods of recurrent cooling, the main changes of forest formations are distinguished in the first half of the Holocene in the regional vegetation: spruce-larch woodlands in the preboreal period (10.3–11 thousand yr BP); pine-birch forests in the boreal (8.6–9.3 thousand yr BP); spruce-pine and pine-spruce with fir and broad-leaved in the Atlantic and the first half of the subboreal period (4.2–8.2 thousand yr BP). From the second half of the subboreal period, directed cooling, a decrease in the participation of spruce, a gradual loss of the unmoral component from the forest, and the formation of modern taiga forests dominated by pine started.

Введение

Изучение современной структурно-функциональной организации и биологического разнообразия природных экосистем не может быть достаточно эффективным без знания закономерностей их исторического развития. Современные лесные экосисте-

мы Северной Евразии сформировались за время последнего геологического периода Земли – голоцена, в течение которого происходили значительные климатические изменения. Выявление взаимосвязей динамики растительных формаций и природной среды в голоцене создает

научную основу для понимания современного состояния и прогноза их развития в условиях меняющегося климата.

Основными природными экосистемами Среднего Урала являются лесные и болотные биоценозы. Торфяные болота, образовавшиеся после окончания

последнего оледенения, благодаря последовательности формирования отложений представляют собой непрерывную летопись природных событий позднеледникового и голоцена. Кислая реакция среды и анаэробные условия способствуют сохранению в торфяниках попадающих туда различных органических остатков, прежде всего пыльцы, спор, семян и других остатков растений как самого болота, так и окружающей территории. Благодаря этому отложения торфяных болот являются одними из наиболее оптимальных источников информации о динамике растительности и природной среды в голоцене, для получения которой успешно используются палинологический (спорово-пыльцевой), ботанический и другие естественнонаучные методы исследования.

Первые сведения о динамике растительности в голоцене на Среднем Урале по данным палинологического анализа были получены Д.А. Герасимовым [1] при исследовании торфяных болот Урала. Г.А. Благовещенский [2] сделал первую попытку реконструировать историю лесов восточного склона Среднего Урала по пыльцевым диаграммам. В.Н. Сукачевым и Г.И. Поплавской [3] на основе палинологического анализа сапропелевых отложений целого ряда озер и торфяников озерного происхождения на Среднем Урале были выделены четыре основных стадии в развитии лесной растительности в голоцене. Позднее Н.А. Хотинский [4] по результатам спорово-пыльцевого и радио-

углеродного анализов отложений Аятского и Горбуновского торфяников выделил 6 основных фаз в развитии растительности и климата Среднего Урала и сопоставил их с хронологическим эталоном периодизации голоцена [4, с. 16]. Эти работы Н.А. Хотинского стали классикой, на них ориентировались все последующие исторические исследования на Урале.

Для установления закономерностей пространственно-временной динамики формирования растительности в голоцене на Среднем Урале требовалось получение дополнительного хронологически привязанного фактического материала на современном уровне из различных эколого-географических районов.

Цель, методика и объекты исследования

Цель исследования: реконструкция основных этапов пространственно-временной динамики лесной растительности в таежной зоне восточного склона Среднего Урала на фоне климатических изменений в голоцене по данным палинологического, ботанического и радиоуглеродного анализов отложений торфяных болот.

Основные методы исследования: палинологический и ботанический анализы. Обработка и микроскопический анализ образцов проводились по стандартным методикам с использованием атласов микрофотографий пыльцы, спор и вегетативных остатков растений [5, 6, 7 и др.].

По результатам анализов строились диаграммы с использованием компьютерной программы TILIA 2 и TILIA-GRAPH [8].

Абсолютный возраст отложений определялся с помощью радиоуглеродного метода в лабораториях Геологического института РАН (Москва), Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск), Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург). Полученные радиоуглеродные даты были откалиброваны с помощью программы CalPal Online Radiocarbon Calibration (<http://www.calpal-online.de/quickcal> 2007 ver.1.5).

Реконструкция палеорастительности и палеоклиматов выполнялась по принципу актуализма на основе эколого-ценотического анализа ископаемой флоры, определенной по пыльце, спорам и вегетативным остаткам растений, выделения регионального, локального и сублокального компонентов спорово-пыльцевых спектров (СПС). Хронологическая привязка выделенных этапов развития растительности проводилась с учетом полученных по разрезам радиоуглеродных датировок и соотносилась с модифицированной схемой подразделения голоцена Бланта – Сернандера [4, с. 16]. Спорово-пыльцевые диаграммы (СПД) сопоставлялись также с используемой за рубежом схемой подразделения голоцена на ранний, средний и поздний [9].

Объектами исследования послужили торфяные болота

озерного происхождения, расположенные на разных широтных уровнях восточного склона Среднего Урала. Средняя высота – 220–250 м н.у.м. Современная растительность региона представлена южно-таежными сосновыми и березово-сосновыми лесами местами с примесью ели. Климат умеренно-континентальный.

Всего в регионе нами исследовано 12 наиболее значимых разрезов торфяников: Карасьеозерский (56°45' с.ш., 60°50' в.д.); у оз. Песчаного (56°54' с.ш., 60°19' в.д.) [10]; Каменные палатки (56°54' с.ш., 60°25' в.д.) [11]; у оз. Ельничного (57°15' с.ш.; 60°41' в.д.); четыре разреза на Шигирском торфянике (57°21' с.ш., 60°08' в.д.) – Шигирское болотное, Шигирское А, Варга 2 и Варга скважина – и четыре на Горбуновском (57°49' с.ш., 59°57' в.д.) – Береговая 2, Береговая XIII, VI и IV Разрезы [12, 13, 14 и др.]. Большинство исследований проведено совместно с археологами ИА РАН (Москва) и ИИиА УрО РАН на разрезах торфяниковых памятников Среднего Урала.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты во многом хорошо сопоставляются с палинохронологической схемой голоцена Среднего Урала, разработанной Н.А. Хотинским [4]. Однако детальное исследование большого количества датированных разрезов позволяет внести существенные коррективы в трактовку некоторых этапов

динамики региональной лесной растительности в голоцене.

Наиболее полный датированный голоценовый разрез (Варга скважина) вскрыт на Шигирском торфянике [14, 15]. СПД этого разреза сопоставляется с диаграммой Аятского болота (57°20' с.ш., 60°30' в.д.) [4].

В придонных отложениях глины и нижнего слоя сапропеля разреза Варга скважина по СПС выделяются два холодных дриасовых периода позднеледникового (Dr-2 и Dr-3), в которых превалирует пыльца полыней (*Artemisia*), маревых (*Chenopodiaceae*), злаков (*Poaceae*), осоковых (*Cyperaceae*), разнотравья (*Varia*) и кустарниковых берез (*Betula nana* type). Их разделяет период кратковременного потепления (Аллерёд, AL), в отложениях которого доминирует пыльца сосны (*Pinus sylvestris* L.).

Выше, в слое розового сапропеля, абсолютно господствует пыльца лиственницы (*Larix*) с небольшой примесью ели (*Picea*). В разрезе Береговая 2 слой придонного сапропеля, в котором обнаружено большое количество шишек лиственницы и одна шишка ели, отмечен датой 9610±40 ¹⁴С лет назад (л.н.) (ГИН-14084), которая определяет возраст отложений предбореальным периодом (РВ). В придонных отложениях Горбуновского торфяника (Береговая 2 и разрез Н.А. Хотинского) выделяется подсапропелевая торфянистая прослойка, образовавшаяся в более теплых и сухих условиях первой половины предбореала.

Разрез Аятского болота вскрывает отложения лишь со второй половины предбореального периода. На СПД максимум пыльцы лиственницы датируется в 9780±210 ¹⁴С л.н. (Мо-398). Полученные нами данные подтверждают выявленные Н.А. Хотинским [4] изменения на ранних этапах голоцена Среднего Урала и характеристику растительности предбореального периода как елово-лиственничные редколесья.

Уровень падения кривой пыльцы лиственницы, совпадающий с максимумом пыльцы берез (*Betula* sect. *Albae*), на СПД Аятского болота определен датой 9110±150 ¹⁴С л.н. (Мо-397), которая сопоставляется с нижней границей бореального периода (ВО). В Шигирском торфянике минимум лиственницы и максимум берез маркируется датой 8750±70 ¹⁴С л.н. (ГИН-13865), которая соответствует бореальному возрасту.

Начало атлантического периода (АТ) знаменуется резким подъемом кривой пыльцы сосны, появлением пыльцы пихты (*Abies*) и широколиственных древесных растений (*Ulmus*, *Quercus*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus*) на всех СПД. Широкое распространение сосны и появление в регионе широколиственных свидетельствуют о значительном потеплении.

Вторая половина атлантического периода отличается подъемом кривой пыльцы ели и некоторым уменьшением участия сосны на всех СПД, а в разрезе Аятского болота еще и началом непрерывной кривой пыльцы

широколиственных. Изменения в спектрах свидетельствуют о повышении влажности климата, дальнейшем потеплении и формировании смешанных хвойных лесов с примесью неморальных компонентов.

Кратковременное сухое похолодание на рубеже атлантического и суббореального (SB) периодов, которое, по данным Н.А. Хотинского [16], отмечается на многих территориях Северной Евразии, можно проследить и на спорово-пыльцевых диаграммах исследованных нами разрезов. На этом рубеже в СПС уменьшается участие пыльцы ели и широколиственных древесных растений. В осадконакоплении происходит либо смена сапропеля торфом, либо, если заболачивание началось раньше, формируется древесный (сосновый) торф, что может быть обусловлено увеличением аридизации климата и понижением уровня грунтовых вод.

В Аятском торфянике на этом рубеже формируется так называемый пограничный горизонт (сосново-пушицевый торф с пнями и древесиной высокой степени разложения). В верхней части этого слоя на СПД выделяется максимум пыльцы ели, датированный возрастом 4720 ± 200 ^{14}C л.н. (Мо-390), и максимум широколиственных, отмеченный датой 4630 ± 150 л.н. (Мо-389). По образцу вышележащего смежного слоя слаборазложившегося фускум-торфа, в котором резко уменьшается доля пыльцы ели, получена дата 3960 ± 130 ^{14}C л.н. (Мо-388). Максимальное рас-

пространение ели и участие широколиственных Н.А. Хотинский [4] относит к концу атлантического периода, а уровень резкого уменьшения участия ели – к суббореальному. Границу между атлантическим и суббореальными периодами на Среднем Урале он определяет возрастом 4500 ^{14}C л.н.

Позднее Н.А. Хотинский [16] пишет о двух существенных похолоданиях, которые с неодинаковой интенсивностью проявились в различных частях Северной Евразии при переходе от атлантического к суббореальному периоду: 4600 ^{14}C л.н. и 4900 ^{14}C л.н.

На наших диаграммах этот рубеж отмечен следующими ^{14}C датами: 4660 ± 35 (СОАН-5809) – Шигирское А, 4700 ± 70 (Ле-10435) – Береговая XIII, 4800 ± 40 (ГИН-13866) – Варга скважина, 4870 ± 40 (ГИН-13858) – Варга 2, 5054 ± 70 (SPb-504) – VI Разрез. В вышележащих отложениях на СПД Шигирского и Горбуновского торфяников начинается новый подъем кривой пыльцы ели, ее процентное содержание в спектрах достигает максимального значения на протяжении значительной толщи (50–70 см); увеличивается и присутствие пыльцы широколиственных, особенно липы (*Tilia*). Наиболее контрастно эти изменения проявились на диаграммах Шигирского А и VI Разреза [14], где максимум пыльцы ели достигает 40–60% и маркируется ^{14}C датами: 4753 ± 70 л.н. (SPb-510), 4748 ± 100 л.н. (SPb-502), 4350 ± 80 л.н. (SPb-508), а уровень

последующего резкого уменьшения ее содержания до 10% отмечен ^{14}C датами: 3900 ± 40 л.н. (СОАН-5808) и 3838 ± 70 л.н. (SPb-501).

Эти данные свидетельствуют, что максимальное развитие еловых лесов на Среднем Урале было не в конце атлантического периода, как считал Н.А. Хотинский, а в первую половину суббореального. Очевидно, его выводы объясняются тем, что в исследованном разрезе Аятского торфяника значительная часть суббореального периода не представлена по причине перерыва в осадконакоплении более чем в 600 лет. Датировки же максимума 4720 ± 200 ^{14}C л.н. (Мо-390) и минимума 3960 ± 130 ^{14}C л.н. (Мо-388) пыльцы ели в Аятском болоте совпадают с нашими данными по Шигирскому и Горбуновскому торфяникам. А поскольку в последних суббореальные отложения представлены более полно, то сомневаться не приходится, что оба эти уровня относятся к суббореальному периоду. Формирование же пограничного горизонта в Аятском болоте, вероятно, началось в результате аридизации климата на рубеже атлантического и суббореального периодов около 5000 ^{14}C л.н.

Результаты исследования донных осадков озера Таватуй ($57^{\circ}08'$ с.ш., $60^{\circ}10'$ в.д.) на Среднем Урале [17] также свидетельствуют о наибольшем распространении ели со второй половины атлантического периода с максимумом в первой половине суббореала. Рубеж между

атлантическим и суббореальным периодами характеризуется некоторым уменьшением доли ели на СПД и изменением в процессе осадконакопления, обусловленным очевидным понижением уровня озера, и датируется около 5000 ¹⁴C л.н.

Таким образом, новые данные существенно меняют прежние представления, основанные на выводах Н.А. Хотинского [4], по которым рамки климатического оптимума голоцена ограничиваются второй половиной атлантического периода, и утверждается относительная неизменность динамики лесов Среднего Урала в течение суббореального-субатлантического периодов.

Наши выводы также согласуются с литературными данными о широкой экспансии еловых лесов с примесью широколиственных пород в середине суббореального периода на прилегающей к Уралу территории северо-востока европейской части России и в некоторых других регионах [18 и др.].

Вторая половина суббореального периода, по нашим данным, характеризуется уменьшением участия ели и широколиственных древесных растений и доминированием сосны в СПС, что может быть следствием похолодания и усиления континентальности климата.

Радиоуглеродные датировки уровня падения кривой пыльцы ели на СПД соответствуют возрасту отложений около 4.2 тыс. календарных лет назад (к.л.н.). На этом рубеже фиксируются резкие природные изменения

в планетарном масштабе, что дает основание считать его границей между средним, наиболее теплым, периодом и поздним голоценом, когда началась тенденция к похолоданию [9].

Отложения субатлантического периода (SA) в наших разрезах представлены недостаточно и не везде достоверно датированы. Более детально эти отложения проанализированы в одном из разрезов Горбуновского торфяника Е.Г. Лаптевой [19]. Они характеризуются преобладанием пыльцы сосны, постоянным присутствием в небольшом количестве берез, ели и пихты на СПД. Существенных изменений в динамике кривых древесных растений не зафиксировано, что согласуется с выводами Н.А. Хотинского [4, 16] об этом периоде.

В районах, расположенных южнее Шигирского и Аятского торфяников, судя по СПД разрезов Ельничного, Песчаного и Палатки IV, в течение всего голоцена доминировала сосна, временами сменяемая березой; ель участвовала в лесной растительности в небольшом количестве и не играла эдификаторную роль в составе древостоев.

По результатам комплексного исследования торфяников на восточном склоне Среднего Урала установлены основные этапы динамики растительности, климатических условий и осадконакопления в конце позднего плейстоцена и в голоцене (таблица).

В конце позднеледниковья на месте современных торфяников существовали холодные водоемы, в которых накапливались

глины и обитали лишь холодолюбивые водоросли (*Pediastrum kavraiskyi*, *P. boryanum*). В условиях холодного и сухого климата в окружающей растительности преобладали травяно-кустарниковые сообщества из карликовой березки, ив, полыней, маревых, злаков, осок, разнотравья. В то же время, как показали результаты исследований торфяников в районе Висимского заповедника [20 и др.], основные виды древесных растений – ель (*Picea obovata* Ledeb.), пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour), сосна (*Pinus sylvestris* L.), лиственница (*Larix sukaczewi* Dyl.), береза (*Betula*) – сохранялись в позднеледниковье в западных предгорьях Среднего Урала. Под пологом пихты и ели могли переживать неблагоприятные климатические условия и широколиственные виды. С потеплением в голоцене лесная растительность распространилась на восточный склон.

В предбореальном периоде, около 11 тыс. к.л.н., в озерах размножились зеленые водоросли и началось отложение сапропелей. Окружающие пространства стали заселяться древесной растительностью, прежде всего лиственницей, за которой следовали береза и ель. В предбореале выделяется более теплая и сухая первая половина, во время которой в некоторых местах озер сформировалась прослойка торфянистого сапропеля, и более холодная и влажная вторая половина, в которую началось отложение ярких розовых и красноватых сапропелей.

Динамика растительности и природной среды
на восточном склоне Среднего Урала в голоцене
Main Holocene stages of the vegetation and environment development
on the eastern slope of the Middle Urals

Периоды голоцена Holocene period		Календарный возраст, лет назад Calendar age, BP	Озерно-болотные отложения Sediments	Растительность Vegetation	Климатические условия Climatic conditions
Walker et al., 2012	Хотин- ский, 1977 Khotinsky, 1977				
Поздний голоцен Late Holocene	SB ₂	2855±68	Гипново-осоковый торф Hypnum-sedge peat	Сосновые леса с елью, пихтой, березой, с примесью липы, ильма Pine forests with spruce, fir, birch, with admixture of lime, elm, oak	Умеренно континенталь- ные сухие Moderate continental, arid
		3106±106	Древесно-сфагновый торф Woody-Sphagnum peat		
		3366±79	Осоковый торф с углями Sedge peat with coal	Сосновые леса с примесью ели, пихты, липы Pine forests with admixture of spruce, fir, birch, lime	Сухое похолодание Moderate cooling
		3841±98	Древесный торф, угли Woody peat with coal	Березово-сосновые леса с елью и лиственницей Birch-and-pine forests with spruce and larch	
Средний голоцен Middle Holocene	SB ₁	4259±109	Древесно-осоковый торф Woody-sedge peat	Сосново-еловые леса с примесью пихты, местами липы, ильма, дуба, орешника, граба Pine-and-spruce forests with fir and sometimes admixture of hazel, lime, elm, oak, hornbeam	Умеренно теплые влажные Moderate warm and humid
		4337±62			
		4996±125			
		5398±54	Древесный торф Woody peat	Березово-сосновые леса с примесью ели Birch-and-pine forests with broadleaved trees	Более сухие More arid
		5468±99	Осоковый торф Sedge peat	Сосново-еловые леса с примесью пихты, местами липы, ильма, дуба, орешника, граба Pine-and-spruce forests with fir and sometimes admixture of hazel, lime, elm, oak, hornbeam	Умеренно те- плые влажные Moderate warm and humid
		5466±111	Тростниковый торф Reedy peat		
		5621±25	Осоковый торф Reedy-sedge peat		
		5800±83	Тростниковый торф Reedy peat		
		5809±96	Торфянистый сапропель Peaty sapropel	Березово-елово-сосновые леса Birch-and-spruce-and-pine forests	Сухое похолодание Arid cooling
	AT ₂	6286±105	Оливковый сапропель Olive sapropel	Елово-сосновые леса с пихтой, примесью ольхи, липы, ильма, дуба, лещины, местами березы Spruce-and-pine forests with fir, admixture of lime, elm, oak, hazel, alder, sometimes – with birch	Умеренно те- плые влажные Humid warming
		6904±88			
		7854±62	Торфянистый сапропель Peaty sapropel	Сосновые леса с елью и кедром сибирским Pine forest with spruce, Siberian pine and larch	Суше, холоднее Arid cooling

Окончание табл.

Периоды голоцена Holocene period		Календарный возраст, лет назад Calendar age, BP	Озерно-болотные отложения Sediments	Растительность Vegetation	Климатические условия Climatic conditions
Walker et al., 2012	Хотин- ский, 1977 Khotinsky, 1977				
Ранний голоцен Early Holocene	AT ₁	8306±63	Оливковый сапропель Olive sapropel	Сосновые леса с примесью березы, ели, пихты, сибирско- го кедра, местами с участием широколиственных древесных растений Pine forests with admixture of birch, spruce, fir, Siberian pine, with few of broad leaved trees	Умеренно теплые сухие Moderate warm and some arid
		8566±38	Торфянистый сапропель Peaty sapropel		
		8667±56	Тростниковый торф Reedy peat		
	BO ₂	9386±57	Тростниковый торф Reedy-sedge peat	Берёзово-сосновые леса с примесью сибирского кедра Birch-and-pine forests with admixture of Siberian pine	Сухое потепление Arid warming
		9589±40	Оливковый сапропель Brown-olive sapropel		
	BO ₁	9768±130	Бежевый сапропель Olive-beige sapropel	Сосново-березовые леса с примесью ели и лиственницы Pine-and-birch forests with admixture of spruce and larch	Умеренно влажные Moderate humid, cool
		10 093±109	Коричневый сапропель Grey-brown sapropel		
	PB ₂	10 312±58	Красноватый сапропель Reddish-brown sapropel	Березово-елово-лиственничные редколесья Birch-and-spruce-and-larch open woodland	Более влажные Moderate cold and more humid
Late Glacial	PB ₁	10 966±128	Торфянистый сапропель Peaty sapropel	Лиственнично-березовые редколесья Larch-and-birch open woodland	Умеренно холодные сухие Moderate cold and arid
	DR ₃		Глина с песком, галькой Clay with sand and pebbles	Травяно-кустарниковая тундра и лесотундра Herb and shrubby tundra and forest-tundra	Холодные сухие Cold and arid

В бореальном периоде (9–10 тыс. к.л.н.) в условиях нового потепления климата в разных частях озер отложились сапропели серо-коричневого, буро-оливкового и оливково-бежевого цвета. В региональной растительности елово-лиственничные редколесья сменились лесами с доминированием березы и постепенным увеличением участия в них сосны.

С дальнейшим потеплением в атлантическом периоде (6–9 тыс. к.л.н.) в озерах размножились сине-зеленые водоросли

и сформировались слои сапропеля оливкового цвета, а в более мелководных прибрежных частях водоемов началось заболачивание и отложение торфа. Процесс заболачивания в разных частях водоемов происходил не одновременно, но всегда был связан с периодами аридизации климата и, как следствие, понижением уровня воды в озерах.

С атлантического периода на восточном склоне Среднего Урала началось широкое распространение сосны, ее пыльца доминирует в СПС последующих отложений

во всех исследованных разрезах. На этом фоне наибольший интерес для выявления динамики природной среды представляют изменения относительного содержания пыльцы ели и широколиственных древесных растений, увеличение присутствия которых маркирует более мягкие климатические условия. В отложениях первой половины атлантического периода появляется пыльца пихты, ильма, липы, лещины, а в Шигирском торфянике – даже дуба и граба, пыльцы ели немного. Во вторую половину количество

пыльцы ели заметно увеличиваются. Палиноспектры отражают растительность смешанных елово-сосновых лесов с примесью пихты и широколиственных. Климат атлантического периода был умеренно теплым, в первую половину периода – относительно сухим, во вторую – более мягким и влажным.

В отличие от прежних представлений об относительной неизменности природных условий на Среднем Урале в постатлантическое время [4] новые данные выявили существенные изменения в развитии растительности в суббореальном периоде (3–6 тыс. к.л.н.). В первую его половину в регионе произрастали сосново-еловые леса с участием пихты, вяза, липы, дуба, встречался и граб; климатические условия были даже более мягкими, чем в оптимум атлантического периода. Во вторую половину преобладали сосновые леса с примесью ели, пихты, сосны сибирской, местами с участием березы, некоторых широколиственных древесных растений, и климатические условия были умеренно континентальными, более сухими и менее теплыми.

В это время учащаются лесные пожары, сосновые леса сменяются временно производными березовыми. Слои торфа этого периода изобилуют древесиной и углистыми прослойками (VI Разрез), нередко происходит пересыхание торфяников (Ельничное).

В течение субатлантического периода (от 2.8 тыс. к.л.н.) сформировались близкие современным южно-таежные леса с преобладанием сосны.

Выводы

Полученные новые данные показали, что наиболее значимые изменения в истории растительности и природной среды на Среднем Урале происходили в следующие временные интервалы:

а) при переходе от позднеледниковья к раннему голоцену, около 11 тыс. к.л.н., с потеплением началось распространение лесной растительности; пионером облесения территории была лиственница, за ней следовали ель и береза;

б) в интервале 9.3–8.6 тыс. к.л.н. существенное потепление обусловило широкое распространение сосны и миграцию широ-

колиственных древесных растений на восточный склон;

в) около 8.2 тыс. к.л.н. увеличилось распространение ели, пихты и участие широколиственных древесных растений;

г) около 4.2–4.3 тыс. к.л.н. в результате похолодания значительно сократилось участие ели и широколиственных в лесах региона.

Наиболее теплым временем голоцена (климатический оптимум) представляется период 8.2–4.2 тыс. к.л.н. В это время в регионе произрастали смешанные елово-сосновые и сосново-еловые леса с примесью ильма, липы, лещины, дуба, местами граба. По направлению с юга на север увеличивалась фитоценотическая роль ели, а участие широколиственных сокращалось.

Работа выполнена в рамках бюджетной программы БС УрО РАН при частичной поддержке Гранта РФФИ №13-06-00363А и Комплексной программы УрО РАН, Проект № 15-12-4-13.

Авторы выражают благодарность археологам М.Г. Жилину, Н.Е. Зарецкой, С.Н. Савченко, Н.М. Чаиркиной за сотрудничество.

Библиографический список

1. Герасимов Д.А. Геоботаническое исследование торфяных болот Урала // Торфяное дело. 1926. № 3. С. 53–58.
2. Благовещенский Г.А. История лесов восточного склона Среднего Урала // Сов. ботаника. 1943. № 6. С. 4–16.
3. Сукачев В.Н., Поплавская Г.И. Очерк истории озер и растительности Среднего Урала в течение голоцена по данным изучения сапропелевых отложений // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1946. № 8. С. 5–37.
4. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
5. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ–Географгиз, 1948. 224 с.

6. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.: Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
7. Палеопалинология. Т. I. Л.: Недра, 1966. 352 с.
8. Grimm E.C. TILIA 2 and TILIA GRAPH. Illinois state museum, Research and Collection center. Springfield. 1992. 65 p.
9. Formal subdivision of the Holocene Series / M.J.C. Walker, M. Berkelhammer, S. Björk, L.C. Cwynar, D.A. Fisher, A.J. Long, J.J. Lowe, R.M. Newnham, S.O. Rasmussen, H. Weiss. Epoch: A Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // Journal of Quaternary Science. 2012. 27 (7). P. 649–659.
10. Панова Н.К. История озер и растительности в центральной части Среднего Урала в поздне- и послеледниковое время // Охранные археологические исследования на Среднем Урале. Вып. 4. Екатеринбург, 2001. С. 48–59.
11. Панова Н.К., Антипина Т.Г. К динамике природной среды в верховьях реки Исети в железном веке // Пятые Берсовские чтения к 100-летию Е.М. Берс. Екатеринбург, 2006. С. 209–211.
12. Антипина Т.Г., Панова Н.К., Чаиркина Н.М. Динамика природной среды в голоцене по данным комплексного анализа VI Разреза Горбуновского торфяника // Изв. Коми науч. центра УрО РАН. Вып. 4 (16). Сыктывкар, 2013. С. 89–97.
13. Геохронология, стратиграфия и история развития торфяных болот Среднего Урала в голоцене (на примере Шигирского и Горбуновского торфяников) / Н.Е. Зарецкая, Н.К. Панова, М.Г. Жилин, Т.Г. Антипина, О.Н. Успенская, С.Н. Савченко // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 6. С. 84–108.
14. Panova N.K., Antipina T.G. Late Glacial and Holocene environmental history on the eastern slope of the Middle Ural Mountains, Russia // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 76–89.
15. Панова Н.К., Антипина Т.Г., Зарецкая Н.Е. Новые данные по палинологии, геохронологии и стратиграфии озерно-болотных отложений на Среднем Урале // Палинология: стратиграфия и геоэкология: сб. науч. тр. XII Всерос. палинолог. конф. (29 сентября – 4 октября 2008 г., Санкт-Петербург). Т. 2. СПб.: ВНИГРИ, 2008. С. 188–194.
16. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. М., 1987. С. 39–45.
17. Отражение глобальных осцилляций палеоклимата позднеледникового и голоцена в палинологической летописи донных отложений озера Таватуй (Средний Урал) / А.В. Масленникова, В.Н. Удачин, В.Н. Анфилов, В.В. Дерягин // ДАН. Геология. 2016. Т. 408. № 4. С. 1–4.
18. Никифорова Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 154–162.
19. Лаптева Е.Г. Палинологические исследования на VI Разрезе Горбуновского торфяника в 2007 году // Древности Горбуновского торфяника. Охранные археологические исследования на Среднем Урале: сб. науч. ст. Вып. 6. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2010. С. 157–163.
20. Панова Н.К., Маковский В.И., Хижняк В.А. Итоги изучения болот и развития лесной растительности Висимского заповедника в голоцене // Исследования эталонных природных комплексов Урала: матер. науч. конф., посвящ. 30-летию Висимского заповедника. Екатеринбург: Екатеринбург, 2001. С. 349–365.

Bibliography

1. Gerasimov D.A. Geobotanical study of peat bogs in the Urals // Torphyano delo. 1926. № 3. P. 53–58.
2. Blagoveshchensky G.A. History of the forests on the eastern slope of the Middle Urals // Soviet Botany. 1943. № 6. P. 4–16.

3. Sukachev V.N., Poplavskaya G.I. A sketch of the history of lakes and vegetation in the Middle Urals during the Holocene according to the study of sapropelic deposits // Bull. of the commission for the study of the Quaternary period. 1946. № 8. P. 5–37.
4. Khotinsky N.A. Holocene of Northern Eurasia. Moscow: Nauka, 1977. 200 p.
5. Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography. Moscow: OGIZ –Geografiz, 1948. 224 p.
6. Dombrovskaya AV, Koreneva MM, Tyuremnov SN Atlas of plant remains marked in peat. Moscow; Leningrad: Gosenergoizdat, 1959. 90 p.
7. Paleopolinology. T.I. Leningrad: Nedra, 1966. 352 p.
8. Grimm E.C. TILIA 2 and TILIA GRAPH. Illinois state museum, Research and Collection center. Springfield, 1992. 65 p.
9. Formal subdivision of the Holocene Series / M.J.C. Walker, M. Berkelhammer, S. Björk, L.C. Cwynar, D.A. Fisher, A.J. Long, J.J. Lowe, R.M. Newnham, S.O. Rasmussen, H. Weiss. Epoch: A Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // Journal of Quaternary Science, 2012. 27 (7). P. 649–659.
10. Panova N.K. History of lakes and vegetation in central part of the Middle Urals during late-glacial and post-glacial time // Okhranniye arkhеologicheskkiye issledovaniya na Srednem Urale. Vyp. 4. Yekaterinburg, 2001. P. 48–59.
11. Panova N.K., Antipina T.G. To the dynamics of the natural environment in the upper reaches of the Iset River in the Iron Age // Fifth Bersovskie readings to the 100th anniversary of E.M. Bers. Yekaterinburg, 2006. P. 209–211.
12. Antipina T.G., Panova N.K., Chairkina N.M. Dynamics of nature environment in the Holocene by data of complex analysis of VI Section of the Gorbunovsky peat bog // Izvestia Komi Scientific center of the Ural Branch of the RAS. Vyp. 4 (16). Syktyvkar, 2013. P. 89 – 97.
13. Geochronology, Stratigraphy, and Evolution of Middle Uralian Peatlands during the Holocene (Exemplified by the Shigir and Gorbunovo Peat Bogs) / N.E. Zaretskaya, N.K. Panova, M.G. Zhilin, T.G. Antipina, O.N. Uspenskaya, S.N. Savchenko // Stratigraphy and Geological Correlation. 2014. Vol. 22. No 6. P. 632–654.
14. Panova N.K., Antipina T.G. Late Glacial and Holocene environmental history on the eastern slope of the Middle Ural Mountains, Russia // Quaternary International. 2016. 420. P. 76 – 89.
15. Panova, N.K., Antipina, T.G., Zaretskaya N.E. New data to palynology, geochronology and stratigraphy of lake and bog sediments in the Middle Urals // Palynology: stratigraphy and geoecology. Collection of the Scientific Works of XII All-Russian Palynological conference (29 of September – 4 of October 2008, Saint-Petersburg). Vol. II. VNIGRI. St-Ptb., 2008. P. 188–194.
16. Khotinsky N.A. Radiocarbon chronology and correlation of natural and anthropogenic boundaries of the Holocene time // New data on the geochronology of the Quaternary period. Moscow, 1987. P. 39–45.
17. The reflection of global paleoclimate oscillations of the Late Glacial and Holocene in the palynological record of the bottom sediments of the Tavatui lake (Middle Urals) / A.V. Maslennikova, V.N. Udachin, V.N. Anfilogov, V.V. Deryagin // DAN. Geology. 2016. Vol. 408. № 4. P. 1–4.
18. Nikiforova L.D. Dynamics of the landscape zones of the Holocene in the northeast of the European part of the USSR // Development of the nature of the territory of the USSR during Late Pleistocene and Holocene. M.: Nauka, 1982. P. 154–162.
19. Lapteva E.G. Pollen studies on Section VI of the Gorbunovsky peat-bog in 2007 year // Antiquity of the Gorbunovsky peat bog. Protective archaeological research in the Middle Urals. Vyp. 6. Yekaterinburg: Bank of cultural information, 2010. P. 157–163.

20. Panova N.K., Makovsky V.I., Khizhnyak V.A. Results of study of bogs and development of forest vegetation of the Visimsky reserve during the Holocene // Research of model natural complexes of the Urals: Materials of the scientific conference dedicated to the 30th anniversary of the Visimsky Reserve. Yekaterinburg: Yekaterinburg, 2001. P. 349–365.

УДК 630*182.47

**ВЛИЯНИЕ ЗООГЕННОЙ ДЕФОЛИАЦИИ НЕПАРНЫМ ШЕЛКОПРЯДОМ
(*LYMANTRIA DISPAR* L.) БЕРЕЗНЯКОВ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ
НА ДИНАМИКУ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ПОКРОВА**

О.В. ТОЛКАЧ – доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник
e-mail: tolkach_o_v@mail.ru*

О.Е. ДОБРОТВОРСКАЯ – инженер,
e-mail: taraxacum-oficin@mail.ru*

В.И. КРЮК – доктор технических наук,
профессор кафедры физики
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел.: 8 (343) 261-46-16, e-mail: lk_bf@mail.ru**

* ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, Екатеринбург, 8 Марта, 202а,
тел.: 8 (343) 322-56-41

Ключевые слова: травяной покров, встречаемость, проективное покрытие, зоогенные сукцессии, зоогенной дефолиации березовых насаждений.

Зоогенная дефолиация оказывает опосредованное влияние на состояние травяно-кустарничкового покрова. В лесных экосистемах живой напочвенный покров является составляющей, наиболее зависимой от характеристик полога древостоя. Цель исследования – изучение динамики параметров травяно-кустарничкового покрова после дефолиации древостоев непарным шелкопрядом (*Lymantria dispar* L.). Исследования выполнены в зоне северной лесостепи. Динамика травяного покрова в березовых насаждениях, дефолированных непарным шелкопрядом, изучалась на трех постоянных пробных площадях (ППП) в 2006 и повторно в 2011 и 2017 гг. Геоботаническое описание PPP выполнено в 2006 и 2011 гг. методом учетных площадок размером 1×1 м. На учетных площадках описывали видовой состав, измеряли высоту ярусов травяно-кустарничкового покрова, проективное покрытие каждого вида. Затем рассчитывали коэффициент встречаемости и флористического сходства по Серенсену. Параметры травяно-кустарничкового покрова и сукцессионные процессы определяются не только степенью и кратностью летних дефолиаций, но и их последовательностью. Наибольшие потери начального видового состава травяно-кустарничкового покрова наблюдаются вследствие резкого, значительного и в то же время кратковременного осветления живого напочвенного покрова зоогенной дефолиацией. Постепенное нарастание освещенности нижних ярусов растительности до высокой способствует сохранению в травяно-кустарничковом покрове домини-